

**BEST AVAILABLE COPY**

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 2002-121656

(43)Date of publication of application : 26.04.2002

---

(51)Int.Cl.	C22C 38/00	C22C 38/38	C22C 38/58	F16D
	65/12			

---

(21)Application number : 2000-323320 (71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD  
SHIMANO INC

(22)Date of filing : 18.10.2000 (72)Inventor : TSUGE SHINJI  
MATSUDA TAKAAKI  
OKADA YASUTAKA  
SAKASHITA GOJI  
NAGO DAISUKE

---

**(54) STAINLESS STEEL FOR DISK BRAKE ROTOR**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide inexpensive steel for a disk brake rotor which has wide quenching heat treating conditions, and hardly causes deterioration in material caused by increase in temperature when used (in braking).

**SOLUTION:** For being used for a disk brake rotor, martensitic stainless steel is subjected to the control of componmental compositions so as to contain 0.04 to 0.10% C,  $\leq 1.0\%$  Si, 0.1 to 2.0% Mn,  $\leq 0.04\%$  P,  $\leq 0.01\%$  S,  $> 11.5$  to  $13.5\%$  Cr,  $\leq 0.1\%$  Al,  $\leq 0.04\%$  N, 0 to 1.0% Cu, 0 to 1.0% Ni, 0 to 0.03% Ti and, further, one or more kinds of Nb and V by specified amounts, and if required, to contain one or more kinds selected from Mo, B, Ca, Mg, La, Ce and Y and moreover to increase a GP value (calculated by a specified mathematical formula) expressing an austenitic ratio at high temperature.

---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 12.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3491030

[Date of registration] 14.11.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In weight % C:0.04 - 0.10% Si: 1.0% or less Mn: 0.1 - 2.0%, P:0.04% or less, S:0.01% or less Cr:11.5 \*\* -13.5%, aluminum: 0.1% or less, N:0.04% or less Cu:0 - 1.0%, nickel: 0 - 1.0%, Ti: While containing 0-0.03%, it is Nb:0.01-0.08%. GP value which also contains 1 of V:0.05 - 0.5% of sorts and two sorts, and is expressed with the following type or more by 50 The martensitic stainless steel for disk brake rotors excellent in corrosion resistance and toughness characterized by the remainder consisting of Fe and an unescapable impurity.

GP (%) = 700C (%) + 800 N (%) + 20nickel (%) + 10{Cu(%) + Mn(%)} - 6.2Cr(%) - 9.2Si (%) - 9.3Mo(%) - 14 -- V (%) - 74.4Ti(%) - 37.2aluminum (%) + 63.2 -- [Claim 2] The martensitic stainless steel for disk brake rotors excellent in corrosion resistance and toughness according to claim 1 characterized by containing Mo:0.05 - 1.0% further as a chemical entity, and changing.

[Claim 3] To steel according to claim 1 or 2, it is by the more than 1 sort:sum total of B, calcium,

and Mg further as a chemical entity in the more than 1 sort: sum total of 0.0003 - 0.005%, and La, Ce and Y. Martensitic stainless steel for disk brake rotors excellent in the hot-working nature, the corrosion resistance, and the toughness which are characterized by containing 0.003 - 0.05% of one sort, or two sorts or more, and changing.

---

[Translation done.]

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Even if this invention has a property suitable as disk brake rotor material used by severe condition from which whenever [braking surface temperature] serves as an elevated temperature which is 500-550 degrees C by braking generation of heat and chooses the large soak temperature of the range, and a cooling rate in the hardening process at the time of disk brake rotor manufacture, it relates to the martensitic stainless steel for disk brake rotors which is stabilized and can secure a necessary hardening degree of hardness, toughness, and corrosion resistance. According to this invention, with a cooling rate later than air cooling in order to reduce the hardening distortion of disk brake rotor material especially A \*\*\*\*\* case, When a cooling rate falls by piling up many rotors from reduction of distortion, or a viewpoint of productivity, and performing hardening processing, Or although considered as thick disk brake rotor material therefore, the cooling rate at the time of hardening processing falls, and even if it is a case etc., the martensitic stainless steel for disk brake rotors excellent in the heat treatment property that the corrosion resistance which was fully excellent, and toughness are secured is offered.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the martensitic stainless steel called "13%Cr steel" of SUS403,410 which adjusted the degree of hardness to the range of 30-45 by HR C, or 420 systems is used for the disk brake rotor of a two-wheel barrow (% showing a component rate takes henceforth for weight %). In addition, it is from a reason that a bad influence comes to attain to braking stability to adjust the hardness of a disk brake rotor to the above-mentioned range, when abrasion resistance required for a disk brake rotor is not obtained as if a degree of hardness is too low but a degree of hardness is made high too much only in consideration of abrasion resistance on the other hand.

[0003] Thus, although the predetermined hardening degree of hardness is needed for the charge of disk brake rotor material, it is also important requirements to excel in hardening degree-of-hardness stability, corrosion resistance, toughness, etc. at coincidence. It is because quality-of-the-material change called elasticity-izing, a corrosion-resistant fall, etc. of a rotor tends to generate the temperature of a disk brake rotor in addition to going up to an elevated temperature 500 degrees C or more by braking generation of heat, and the reaction of the disk brake rotor front face in that case and a brake friction pad and oxidation reaction with a disk brake rotor front face and atmospheric air posing a problem.

[0004] Moreover, a disk brake rotor is a member of which highly precise surface smoothness is required. Therefore, in order to reduce the distortion at the time of hardening of disk brake rotor material as much as possible in recent years, to harden with a cooling rate later than air cooling is desired. Moreover, although it is the trend which piles up many disk brake rotors from a viewpoint of productivity, and performs hardening processing, if many disk brake rotors are piled up in this way and hardening processing is performed, the fall of a cooling rate will be caused. However, in the conventional disk brake rotor material, if it hardens with a late cooling rate, there is a problem that corrosion resistance and toughness deteriorate and the cure is needed.

[0005] By the way, if JP,10-152760,A is seen, it is Cu because of the softening control by expansion of the temperature region which can be hardened, and brake braking generation of heat as an ingredient which aimed at the improvement of the property needed for disk brake rotor material. The martensitic stainless steel for disk brake rotors which carried out 0.5- 2.5% content is proposed. And in this steel, since that degree-of-hardness fall has outstanding softening resistance called less than ten even if it adds "heat treatment for 600 degree-Cx 10 minutes which imitated annealing by brake braking at the time of use" to what adjusted the degree of hardness to about 35 by HR C, it is supposed that the fall of damping force can be prevented.

[0006] However, the disk brake rotor material which becomes the above-mentioned proposal was what was not taken into consideration to prevention of "a corrosion resistance fall by the late hardening cooling rate at the time of rotor manufacture", and "a corrosion-resistant fall accompanying tempering softening which produces extent which is a service condition (temperature up conditions by brake braking at the time of use)", and is considered that those improvements are required. .

[0007] In addition, "the technique of falling Cr content to 10.0 - 11.5%, securing corrosion resistance by 0.05 - 0.5% of Mo addition, and carrying out 0.04- 0.1% addition of the Nb if needed" is shown in JP,3-79426,B as one of the corrosion-resistant remedies of the martensitic stainless steel for disk brake rotor material. Although Mo was an element which raises the corrosion resistance of stainless steel additionally, and it was the alloying element which can desire control of corrosion-resistant degradation by carbide deposit since the carbide generation inclination was small compared with Cr, Mo was an expensive element in one side, therefore the martensitic stainless steel for disk brake rotor material given in above-mentioned JP,3-79426,B was that in which the room of a device remains in a cost side. Moreover, if it was under the latest situation that the further improvement of engine-performance stability and engine-performance maintenance nature is desired from safety and a dependability side, it was thought that much more device was required also for stable reservation of good corrosion resistance and toughness.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As mentioned above, in the conventional disk brake rotor material, when hardening processing was carried out, or many was piled up and hardening processing was carried out with the cooling rate late for distortion reduction for the productivity improvement, the problem that corrosion resistance and toughness fell arose. Moreover, quality of the material change (a degree of hardness fall, corrosion-resistant degradation) tended to break out according to the temperature up at the time of use (at the time of brake braking), and it was thought that it was a problem when this secures the dependability of a disk brake. This invention's consider as the purpose, since it be such be offer the cheap steel for disk brake rotors which be stabilize and can secure the hardening degree of hardness which can fully be satisfy, toughness, and corrosion resistance even if it choose the large soak temperature of the range, and a cooling rate at the time of hardening processing, and the quality of the material change (a degree of hardness fall, corrosion-resistant degradation) by the temperature up at the time of use (at the time of brake braking) hardly produce.

[0009]

[Means for Solving the Problem] Although he inquired wholeheartedly that the above-mentioned purpose should be attained, this invention person etc. was attached to 13%Cr system martensitic-stainless-steel cold-rolled plate of the various kinds which contain C at a various rate especially, and while inquiring hardening from 900-1050 degrees C, and 200-600-degree C annealing, evaluating the degree of hardness, corrosion resistance, and toughness with combination variously, he was able to acquire the following knowledge from from.

[0010] a) Although corrosion resistance with hardening will fall if it is [ of air cooling ] lower than 5 degrees C /, the cooling rate at the time of hardening is carried out and it goes, extent of this corrosion-resistant fall becomes so remarkable that there are many C contents.

b) However, cooling rate At the conditions reduced [ s ] in 0.5 degrees C /, it is C content of steel materials. The corrosion resistance of what comes to show quite good corrosion resistance if it compares with the comparatively high ingredient of C content when it decreases to 0.1% or less equivalent to air-cooling material still does not improve.

[0011] c) However, if minute amount addition of Nb or the V is carried out and the content of C, N, nickel, Cu, Mn, Cr, Si, Mo, V, Ti, and aluminum in steel is synthetically adjusted while securing the amount of Cr(s) which exceeds 11.5% to steel materials, the corrosion resistance in the conditions (0.5 degrees C/(s)) of annealing of cooling at the time of hardening will improve remarkably. In order to clarify effectiveness which carries out the stable reservation of the corrosion resistance which was excellent also in the bottom of the conditions that a cooling rate is slow, at the time of hardening here It is necessary to control so that the organization in an elevated temperature becomes what has a high austenite ratio. Therefore, as mentioned above, it is necessary to adjust synthetically the content of C, N, nickel, Cu, Mn, Cr, Si, Mo, V, Ti, and

aluminum in steel. It is especially GP (%). = 700C (%) + 800Ns (%) + 20nickel (%) + 10 { - Cu(%) + Mn (%) } - 6.2Cr(%) - 9.2Si (%) - 9.3Mo(%) - 14V(%) - 74.4Ti(%) - 37.2aluminum (%) GP value expressed with the formula which becomes +63.2 is 50 (%). Component presentation adjustment must be carried out so that it may become the above.

[0012] d) Moreover, for the toughness of steel materials, said GP value is 50 (%) while adding too Nb and V which control a deposit of Cr carbon nitride, in order to secure high toughness, maintaining a hardening degree of hardness at the bottom of annealing conditions, although it will improve if a hardening degree of hardness is fallen. It is effective to perform component presentation adjustment so that it may become above. e) The hardening material of steel which performed component presentation adjustment from an above-mentioned viewpoint is conventionally excellent in tempering resistance at 500-550 degrees C compared with steel materials, and there are very still few degrees of hardness and corrosion resistance fall extent.

[0013] It was completed based on the above-mentioned knowledge matter etc., and this invention offers the martensitic stainless steel for disk brake rotors shown in \*\* of a degree thru/or \*\* term. \*\* C: 0.04 - 0.10% Si: 1.0% or less Mn: 0.1 - 2.0%, P: 0.04% or less, S: 0.01% or less Cr: 11.5 - 13.5%, aluminum: 0.1% or less, N: 0.04% or less Cu: 0 - 1.0%, nickel: 0 - 1.0%, Ti: While containing 0-0.03%, it is Nb: 0.01-0.08%. GP value which also contains 1 of V: 0.05 - 0.5% of sorts and two sorts, and is expressed with the following type or more by 50 The martensitic stainless steel for disk brake rotors excellent in corrosion resistance and toughness characterized by the remainder consisting of Fe and an unescapable impurity.

GP (%) = 700C (%) + 800 N (%) + 20nickel (%) + 10{Cu(%) + Mn(%)} - 6.2Cr(%) - 9.2Si (%) - 9.3Mo(%) - 14V(%) - 74.4Ti(%) - 37.2aluminum (%) As a +63.2 \*\* chemical entity Furthermore, the martensitic stainless steel for disk brake rotors excellent in corrosion resistance given [aforementioned] in \*\* term, and toughness characterized by containing Mo: 0.05 - 1.0% and changing.

\*\* Be by the more than 1 sort: sum total of B, calcium, and Mg further as a chemical entity to steel the aforementioned \*\* term or given in \*\* term in the more than 1 sort: sum total of 0.0003 - 0.005%, and La, Ce and Y. The hot-working nature, the martensitic stainless steel for disk brake rotors which was excellent in toughness at the corrosion-resistant list characterized by containing 0.003 - 0.05% of one sort, or two sorts or more, and changing.

[0014]

[Embodiment of the Invention] The reason which limited hereafter the content range of each component which constitutes steel like the above in this invention is explained with the operation.

[0015] (a) CC is a component added for high-intensity-izing of steel, and in order to secure reinforcement required for disk brake rotor material, it is necessary to make it contain 0.04% or

more. When superfluous addition of C spoils the corrosion resistance of steel and is made to contain it exceeding 0.10%, when the cooling rate at the time of hardening is slow, Cr carbon nitride deposits in a grain boundary, and it becomes impossible on the other hand, to secure desired corrosion resistance. Therefore, C content was determined as 0.04 - 0.10%.

[0016] (b) Although Si is a fundamental element for deoxidizing steel, Si may be additive-free when aluminum performs deoxidation by Si altogether. In addition, since superfluous addition of Si deteriorated the toughness of steel through "generation of a delta ferrite", or "solid solution strengthening", Si content was determined as 1% or less.

[0017] (c) It is also the component which is the basic element which Mn also requires for deoxidation of steel, and promotes generation of the austenite in an elevated temperature and raises hardenability. In this sake It is necessary to secure 0.1% or more of Mn content. On the other hand, superfluous addition of Mn is the upper limit of Mn content since the solubility in the water-solution environment of sulfide system inclusion is raised and the corrosion resistance of steel is fallen. It was determined as 2.0%.

[0018] (d) Although it was so desirable that there was P since it was an impurity element which spoils the toughness of steel, in consideration of the acceptability limit, P content was determined as 0.04% or less. [ little ]

(e) Although it was so desirable that there was S since they were an impurity element in which the hot-working nature of steel, corrosion resistance, and toughness are reduced, in consideration of the acceptability limit, S content was determined as 0.01% or less. [ few ]

[0019] (f) Cr secures Cr content which is a major component supporting the corrosion resistance of stainless steel, and exceeds 11.5% in order to have and close corrosion resistance required for disk brake rotor material, even if it does not add expensive Mo -- it is required. Since the deposit of a delta ferrite was promoted and embrittlement of steel was brought about on the other hand when Cr was made to contain so much, the upper limit of Cr content was determined as 13.5% from control of this embrittlement, and \*\*\*\*\* of cost.

[0020] (g) although Al is one of the elements with which it goes together unescapable into steel and it may be added for deoxidation of steel -- the deoxidation effectiveness in that case -- almost -- if saturated with 0.1% -- since -- aluminum content It was determined as 0.1% or less.

[0021] (h) N is a component which raises the hardening hardness of steel with C, and can control hardening hardness by adjusting the sum total content of C and N. However, since N spoiled the toughness of steel when it added superfluously, it determined N content as 0.04% or less.

[0022] (i) Since Cu had the operation which raises the corrosion resistance of steel, and reinforcement additionally, it was a component added if needed, but since making it contain exceeding 1.0% brought about the cost rise, Cu content was determined as 0 - 1.0%.



[0023] (j) Since NiNi had the operation which improves corrosion resistance and toughness, it was a component added if needed, but since the effectiveness which \*\*\*\*ed in the cost rise could not be expected even if it made it contain exceeding 1.0%, nickel content was determined as 0 - 1.0%.

[0024] (k) Although TiTi was an element with a very strong affinity with N and C and it was the component added if needed in order to control a metal texture through formation of detailed carbon nitride and to improve the toughness of steel, since the degree of hardness of steel also came to have fallen while big and rough TiN generated and the fall of toughness became remarkable conversely, when it was made to contain exceeding 0.03%, Ti content was determined as 0 - 0.03%.

[0025] (l) It is an element with strong C and N, and affinity, and Nb, and VNb and V are the indispensable components for securing corrosion resistance required for disk brake rotor material in this invention, and addition of either or both sides is required for them. That is, Nb and V are segregated to an austenite grain boundary by the cooling process at the time of hardening disk brake rotor material, and have the work which delays a grain boundary deposit of Cr carbide. Consequently, corrosion resistance degradation by Cr lack is controlled, and even if it is a late cooling rate, the corrosion resistance for which this invention asks is secured. Moreover, that this invention person etc. also stops working effectively in the steel in which a delta ferrite exists more than a constant rate from various experimental results found out the operation of Nb and V like the above. That is, it is GP value mentioned above 50 (%) It adjusts above, and a deposit of Cr carbon nitride will not be controlled without securing either or the both sides of 0.01% or more of Nb content, or 0.05% or more of V content in this condition, and the outstanding corrosion resistance will be secured. On the other hand, when the content of Nb or V is made to increase, if Nb content or V content exceeds a specific value, while Nb carbon nitride or V carbon nitride will make it a deposit and big and rough at the soak temperature at the time of hardening and causing the toughness fall of steel, it also comes to reduce a hardening degree of hardness.

[0026] Nb content to which a hardening degree of hardness begins to fall is a side with many amounts of C+N, and, in the case of about 1000-degree C hardening temperature, is about 0.08%. Moreover, Nb content to which a hardening degree of hardness begins to fall in a side with few amounts of C+N Although it becomes the value exceeded 0.1%, abundant addition of Nb leads to the rise of steel-materials cost. Therefore, about Nb content, it was determined as 0.01 - 0.08%. On the other hand, the case of V, if it adds so much exceeding 0.5%, toughness will be reduced. For this reason, about V content, it was determined as 0.05 - 0.5%. In addition, although it is the element in which Nb and V have the same effectiveness as mentioned above, the V of the solubility in steel is larger than Nb, and the V of the depressant action of Cr carbide deposit rate

is smaller compared with Nb. Therefore, in V, the corrosion-resistant improvement effectiveness is discovered by considering as many contents rather than Nb.

[0027] (m) GP value  $GP (\%) = 700C (\%) + 800 N (\%) + 20\text{nickel} (\%) + 10 \cdot \{ - Cu(\%) + Mn (\%) \} - 6.2Cr(\%) - 9.2Si (\%) - 9.3Mo(\%) - 14V(\%) - 74.4Ti(\%) - 37.2\text{aluminum} (\%)$  GP value expressed with the becoming formula is an index with which the rate of an austenite phase ratio in the elevated temperature of this invention steel is expressed qualitatively +63.2. It is this GP value 50 (%) It becomes possible by considering as the above and raising the rate of an austenite phase ratio to carry out the stable reservation of the corrosion resistance for which it asks to the hardening steel materials of this invention steel, and the toughness for the first time. In addition, GP value is 50 (%). If less, the amount of a delta ferrite will increase, and if the cooling rate at the time of hardening is slow, when the corrosion resistance of steel materials will fall for Cr lack layer generated by deposit of Cr carbide to a grain boundary, toughness also deteriorates in coincidence.

[0028] (n) MoMo is a component very effective when raising the corrosion resistance of stainless steel, and tempering resistance, and corrosion resistance and tempering resistance improve further by Mo addition also in this invention steel. However, although considering a cost side addition wavers in this invention steel which Mo is a very expensive element and aimed at low cost, when a certain amount of cost rise is allowed, improvement in the engine performance by Mo addition can be aimed at. However, in order to acquire the improvement effect of the corrosion resistance by Mo addition, and tempering resistance, it is necessary to make Mo contain 0.05% or more. On the other hand, if the cost acceptability limit as disk brake rotor material is taken into consideration, it will be the upper limit of Mo content. It is desirable to make it to 1.0%. Therefore, it is Mo, in order to secure remarkable effectiveness rather than it is based on Mo addition, although the content in the case of making Mo contain was determined as 0.05 - 1.0%. It is desirable to make it contain at 0.1% or more of a rate.

[0029] (o) B, calcium, Mg, La, Ce, and Y -- although it is the desirable component which one or more sorts add if needed in order that these elements may raise the hot-working nature of this invention steel -- the content with each suitable component -- the case of B, calcium, and Mg -- these total quantities -- 0.0003 - 0.005% -- it is -- on the other hand -- the case of La, Ce, and Y -- these total quantities It is 0.003 - 0.05%.

[0030] In addition, the oxygen (O) mixed unescapable is the content preferably, although it is necessary to deoxidize by Si or aluminum and to reduce the content as much as possible since it is the element which spoils the toughness of steel. It should decrease even to 0.006% or less of field. When an oxygen content is reduced even to this field, this invention steel as disk brake rotor material shows the toughness which can fully be satisfied.

[0031] Then, although an example explains this invention still more concretely, it cannot be

overemphasized that this invention is not what is unfairly restricted according to an example.

[Example] <Example 1> First, it dissolved at the vacuum high-frequency-induction-heating furnace, and the stainless steel of the various chemical composition shown in Table 1 was cast in 25kg round steel lump.

[0032]

[Table 1]

[0033] Next, hot forging as a conventional method, hot rolling, tempering annealing, and cold rolling are performed to this, and it is 1.8mm. The cold rolled sheet steel of thickness was obtained. And the test piece for hardening heat treatment of "1.8mm thickness x50mm width-of-face x25mm length" is cut down from each [ these ] cold rolled sheet steel, soak is carried out to 1000 degrees C for 3 minutes with the heat treating furnace of an infrared-heating method, and it continues. "Hardening heat treatment" which \*\*\*\* with the late cooling rate of 0.5 degrees C/s was carried out. The property of "a steel plate with hardening" was investigated by this hardening heat treatment material.

[0034] Moreover, apart from this, as an object for evaluation of an impact property, the piece of a 2mmV notch subsize Charpy test (1.8mm thickness x55mm width-of-face x10mm length) was

started, and hardening heat treatment was performed by the same approach from said each cold rolled sheet steel.

[0035] For the characterization of a steel plate with hardening, evaluation of the "cross-section degree of hardness" of said hardening heat treatment material, "pitting potential", and a an "impact resistance value" was performed. In addition, the "cross-section degree of hardness" was measured in Vickers 98N, and the five-point average estimated it. Moreover, "pitting potential" is JIS G 0577. Pitting potential Vc ' which changed the testing liquid into "0.5%NaCl-35 degree C", and was obtained considering the saturated calomel electrode (S C E) as a reference electrode (100) The measurement average estimated 3 times. And an "impact resistance value" pastes up each two subsize Charpy test pieces after said hardening heat treatment with a double-sided tape. After considering as the sample of 3.6mm thickness, the impact test was performed at 0 degree C, and this impact resistance value estimated. These measurement results are shown in Table 2.

[0036]

[Table 2]

[0037] In this example, in order to evaluate the quality of the material change (property change) by it supposing the conditions at the time of use of a disk brake rotor (at the time of brake braking), property investigation was conducted also about what performed tempering processing to said each hardening heat treatment steel plate. In addition, for the characterization of the steel plate after tempering processing Although "tempering processing of air cooling after 500 degree-Cx 1-hour maintenance" and "tempering processing of air cooling after 550 degree-Cx time amount maintenance" were performed, with "a cross-section degree of hardness [Hv]" and hardening The hardness difference [ $\Delta Hv$ ] of \*\* and the ingredient which gave 550-degree-C annealing, and the pitting potential [ $V_c$  ' (100)] of "the ingredient which performed tempering processing of air cooling after 500 degree-Cx 1-hour maintenance" were measured. These measurement results were also collectively shown in Table 2.

[0038] For this invention martensitic stainless steel material, corrosion resistance with hardening is pitting potential so that clearly also from the result shown in Table 2. 0.1V It is

above (vsSCE) and impact resistance values are also 50 J/cm<sup>2</sup>. It is the high value to exceed. Furthermore, amount of degree-of-hardness falls deltaHv to the temperature up to 550 degrees C after hardening heat treatment. It is less than 15 and the level also with the good corrosion resistance after adding 500-degree C heat treatment after hardening heat treatment is maintained. Considering these results, it can check that this invention martensitic stainless steel has the property which was excellent as disk brake rotor material.

[0039] <Example 2> It created according to the example 1. From the cold rolled sheet steel of 1.8mm thickness, every several steel materials per steel type of the configuration shown in drawing 1 or drawing 2 were created by punching. Moreover, the steel materials of the configuration similarly shown in drawing 1 were created by several multi-sheet punching also from the commercial steel plate of SUS420J2 steel.

[0040] Next, hardening heat treatment was performed to these steel materials. In addition, you made it pile up each other's 100 steel materials in advance of hardening heat treatment that degradation of the flat configuration by hardening should be controlled, and this bundle was bound tight with the bolt and nut made from stainless steel in the bundle. By this superposition, the bundle of steel materials became the cylindrical block gestalt 160mm and whose height a diameter is about 180mm. And hardening heat treatment was carried out on the conditions of performing soak of "1020 degrees-C x 1-hour maintenance of ambient temperature", and carrying out gas cooling of the above-mentioned cylindrical block which piled up steel materials continuously with a heating furnace. In addition, the cooling rate of 900-600 degrees C in this case was a part for about 30-degree-C/.

[0041] Flat correction and surface grinding processing was performed to these steel materials, and it considered as the rotor product for disk brakes. And corrosion resistance, reinforcement, and ductile evaluation were performed about these rotors product. In addition, each above-mentioned rotor product is made into a test specimen at corrosion resistance evaluation, and it is JIS Z 2371. The "35 degree-C-3.5%NaCl water solution" was sprayed for 24 hours according to the defined salt spray test approach, and the technique of carrying out the relative comparison of rusting extent in the rotor product front face after a trial was adopted.

[0042] Moreover, reinforcement and ductile evaluation are attached to each rotor product of the configuration shown in said drawing 1 list by drawing 2. After fixing to a holddown member with a bolt and a nut using six mounting holes perforated in the inner circumference section, the hole of one point (it is the location of 75.5mm from a revolving shaft) of the outer-ring-of-spiral-wound-gasket section was equipped with the fixture, and it carried out by making the variation rate of this carry out in the direction of the circumference of a revolving shaft compulsorily, and extracting a "displacement-torque curve." That is, the "displacement-torque curve" about each rotor product was extracted as mentioned above, and the

variation rate to which torque decreases rapidly by destruction first was measured. That is, although torque will go up linearly with the rotation displacement at the beginning if the variation rate of the rotor product is made to carry out in the direction of the circumference of a revolving shaft compulsorily like the above-mentioned -- when \*\*\*\* deformation of the arm section which connects the inner circumference section and the outer-ring-of-spiral-wound-gasket section after that begins, torque decreases further -- a certain rotation -- although the process in which torque decreased rapidly when an arm breaks was followed when it resulted in the variation rate, this "variation rate to which torque decreases rapidly by destruction" was measured. This "variation rate to which torque decreases rapidly by destruction" was measured about every ten each of the rotor products of the configuration shown in drawing 2 which consists of each steel shown in every ten pieces each and Table 1 of the rotor product of the configuration shown in drawing 1 which consists of each steel shown in said table 1, and summarized that result.

[0043] First, although punctiform rusting was slightly accepted in the front face of the rotor product made from this invention steel (the steel 1 of Table 1 - steel 19) when the corrosion resistance evaluation result was reported, it was \*\*\*\*\* and had not resulted in flow rust. Moreover, the rotor product which consisted of steel 21 of Table 1, steel 22, and steel 28 among comparison steel showed corrosion resistance equivalent to this invention steel rotor product. On the other hand, with the rotor product which consisted of comparison steel except the steel 21 of Table 1, steel 22, and steel 28, rusting extent increased, in the rotor product made from steel 30, it flowed and pitting accompanied by rust was observed.

[0044] Next, reinforcement and a ductile evaluation result are reported. With the rotor product made from this invention steel (the steel 1 of Table 1 - steel 19), after passing through the highest torque value, each was transformed in ductility to the variation rate of 20mm, and having sufficient reinforcement and ductility was checked. On the other hand, with the rotor product which consisted of comparison steel except the steel 20 and steel 23 of Table 1, what the weakest arm section will fracture by the time it gives the variation rate of 20mm existed. Although it was few probabilities probabilities consisted of steel with which an impact resistance value is less than 50 J/cm<sup>2</sup> like the steel 20 of Table 1, and comparison steel other than steel 23 when the same degree of hardness compared, although ductility has the inclination for what has a lower degree of hardness to be larger and the size of toughness was not necessarily supported directly, that to which it is in the middle of deformation until it gives the variation rate which is 20mm, and torque decreases rapidly by destruction of the arm section existed.

[0045] It is clearer than the above-mentioned test result the rotor's for disk brakes manufactured considering this invention steel as a material to demonstrate the corrosion resistance which was actually excellent in the service condition, reinforcement, and ductility.

[0046]

[Effect of the Invention] As explained above, the cooling rate range of hardening heat treatment which according to this invention can be adopted in order to manufacture the rotor for disk brakes is expandable to a later side. Moreover, when the corrosion resistance which was excellent even when a disk brake rotor carried out a temperature up by braking generation of heat to the temperature which is 500-550 degrees C is maintainable, In order to reduce distortion by hardening heat treatment, cool rotor material slowly, or When it is necessary to bundle many rotor material and to cool slowly, or even when the rotor material of the heavy-gage cross section where the cooling rate at the time of hardening heat treatment becomes slow inevitably needs to be manufactured Useful effectiveness is brought about on industry -- the martensitic stainless steel for disk brake rotors of low cost which it is stabilized [ martensitic stainless steel ] for the rotor product manufactured and may make good corrosion resistance, toughness, and a degree of hardness secure it can be offered.

---

[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-121656

(P2002-121656A)

(43) 公開日 平成14年4月26日 (2002. 4. 26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	チーマコト* (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 2	C 2 2 C 38/00	3 0 2 Z 3 J 0 5 8
38/38		38/33	
38/58		38/53	
F 1 6 D 65/12		F 1 6 D 65/12	E

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-323320(P2000-323320)

(22) 出願日 平成12年10月18日 (2000. 10. 18)

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(71) 出願人 000002439

株式会社シマノ

大阪府堺市老松町3丁目77番地

(72) 発明者 柘植 信二

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(74) 代理人 100088270

弁理士 今井 毅

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディスクブレーキローター用ステンレス鋼

(57) 【要約】

【課題】 焼入れ熱処理条件が広く、また使用時（ブレーキ制動時）の昇温による材質劣化が殆ど生じない安価なディスクブレーキローター用鋼を提供する。

【解決手段】 ディスクブレーキローター用に供するため、マルテンサイトステンレス鋼を、C：0.04～0.10 %，Si：1.0%以下，Mn：0.1～2.0%，P：0.04%以下，S：0.01%以下，Cr：11.5超～13.5%，Al：0.1%以下，N：0.04%以下，Cu：0～1.0%，Ni：0～1.0%，Ti：0～0.03%，更に特定量のNb及びVの1種以上を含有し、必要に応じてMo，B，Ca，Mg，La，Ce，Yの1種以上をも含むと共に、高温でのオーステナイト比率を表すG P値（特定の数式で算出される）が高くなるように成分組成調整を行って成る構成とする。

## 【特許請求の範囲】

## \* \* 【請求項1】 重量%にて、

C: 0.04~0.10%, Si: 1.0%以下, Mn: 0.1~2.0%,  
 P: 0.04%以下, S: 0.01%以下, Cr: 11.5%超~13.5%,  
 Al: 0.1%以下, N: 0.04%以下, Cu: 0~1.0%,  
 Ni: 0~1.0%, Ti: 0~0.03%,

を含有すると共に

Nb: 0.01~0.08%, V: 0.05~0.5%

のうちの1種又は2種をも含有し、かつ下記式で表されるGP値が50以上で、残部がFe及び不可避的不純物より成ることを特徴とする、耐食性と靱性に優れたディスクブレーキローター用マルテンサイトステンレス鋼。

$GP(\%) = 700C(\%) + 800N(\%) + 20Ni(\%) + 10\{Cu(\%) + Mn(\%)\} - 6.2Cr(\%) - 9.2Si(\%) - 9.3Mo(\%) - 14V(\%) - 74.4Ti(\%) - 37.2Al(\%) + 63.2$

【請求項2】 化学成分として更に

Mo: 0.05~1.0%

を含有して成ることを特徴とする、請求項1記載の耐食性と靱性に優れたディスクブレーキローター用マルテンサイトステンレス鋼。

【請求項3】 請求項1又は2記載の鋼に、化学成分として更に

B, Ca, Mgの1種以上: 合計で0.0003~0.005%,

La, Ce, Yの1種以上: 合計で0.003~0.05%

の1種又は2種以上を含有して成ることを特徴とする、熱間加工性、耐食性及び靱性に優れたディスクブレーキローター用マルテンサイトステンレス鋼。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、制動発熱によって制動面温度が500~550℃の高温となるような過酷な条件で使用されるディスクブレーキローター材として好適な特性を有し、かつディスクブレーキローター製造時の焼入れ工程において広い範囲の均熱温度、冷却速度を選択したとしても所要の焼入れ硬度、靱性、耐食性を安定して確保することができるディスクブレーキローター用マルテンサイトステンレス鋼に関するものである。特に、本発明によると、ディスクブレーキローター材の焼入れ歪みを低減するために空冷よりも遅い冷却速度で焼入れた場合や、歪みの低減や生産性の観点から多数のローターを重ね合わせて焼入れ処理を行うことにより冷却速度が低下した場合、あるいは肉厚のディスクブレーキローター材としたが故に焼入れ処理時の冷却速度が低下した場合等であっても十分に優れた耐食性と靱性が確保されるところ、熱処理特性に優れたディスクブレーキローター用マルテンサイトステンレス鋼が提供される。

【0002】

【従来の技術】従来より、二輪車のディスクブレーキローターには硬度をH<sub>c</sub>で30~45の範囲に調整したSUS403、410あるいは420系の“13%Cr

鋼”と呼ばれるマルテンサイトステンレス鋼が使用されている（以降、成分割合を表す%は重量%とする）。なお、ディスクブレーキローターの硬さを上記範囲に調整するのは、硬度が低すぎるとディスクブレーキローターに必要な耐摩耗性が得られず、一方、耐摩耗性のみを考慮して硬度を高くしすぎると制動安定性に悪影響が及ぶようになるとの理由からである。

【0003】このように、ディスクブレーキローター用材料には所定の焼入れ硬度が必要とされているが、同時に焼入れ硬度安定性、耐食性、靱性等に優れることも重要な要件となっている。なぜなら、ディスクブレーキローターの温度は制動発熱により500℃以上の高温に上昇する場合があり、その際のディスクブレーキローター表面とブレーキパッドとの反応やディスクブレーキローター表面と大気との酸化反応が問題となることに加え、ローターの軟質化や耐食性低下等といった材質変化が発生しがちだからである。

【0004】また、ディスクブレーキローターは高精度な平坦性を要求される部材である。そのため、近年、ディスクブレーキローター材の焼入れ時における歪みを極力低減するために空冷よりも遅い冷却速度で焼入れすることが望まれている。また、生産性の観点から多数のディスクブレーキローターを重ね合わせて焼入れ処理を行う趨勢となっているが、このように多数のディスクブレーキローターを重ね合わせて焼入れ処理を行うと冷却速度の低下を招く。しかるに、従来のディスクブレーキローター材では遅い冷却速度で焼入れすると耐食性や靱性が劣化するという問題があり、その対策が必要とされている。

【0005】ところで、特開平10-152760号公報を見ると、ディスクブレーキローター材に必要とされる特性の改善を図った材料として、焼入れ可能温度域の拡大とブレーキ制動発熱による軟化抑制のためにCuを0.5~2.5%含有させたディスクブレーキローター用マルテンサイトステンレス鋼が提案されている。そして、この鋼では、硬度をH<sub>c</sub>で約35に調整したものに“使用時のブレーキ制動による焼戻しを模した600℃×10分の熱処理”を加えてもその硬度低下が10未満という優れた軟化抵抗を有しているため、制動力の低下を防止できるとしている。

【0006】しかし、上記提案になるディスクブレーキローター材は、“ローター製造時の遅い焼入れ冷却速度による耐食性の低下”や“使用条件（使用時のブレーキ制動による昇温条件）である程度は生じる焼戻し軟化に伴う耐食性低下”の防止までも考慮されたものではな

く、それらの改善が必要であると考えられるものであった。

【0007】なお、ディスクブレーキローター材用マルテンサイトステンレス鋼の耐食性改善策の1つとして、特公平3-79426号公報には「0.05～0.5%のMo添加により耐食性を確保しながらCr含有量を10.0～11.5%に低下し、必要に応じてNbを0.04～0.1%添加する手法」が示されている。Moはステンレス鋼の耐食性を付加的に向上させる元素であり、またCrと比べると炭化物生成傾向が小さいので炭化物析出による耐食性劣化の抑制が望める添加元素であるが、一方でMoは高価な元素であり、そのため上記特公平3-79426号公報に記載のディスクブレーキローター材用マルテンサイトステンレス鋼はコスト面で工夫の余地が残るものであった。また、安全性・信頼性面から性能安定性、性能維持性の更なる改善が望まれている最近の事情下においては、良好な耐食性、靱性の安定確保にも一層の工夫が必要であると考えられた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、従来のディスクブレーキローター材では、歪み低減のために遅い冷却速度で焼入れ処理したり、生産性改善のために多数個を重ね合わせて焼入れ処理したりすると、耐食性及び靱性が低下するという問題が生じた。また、使用時（ブレーキ制動時）の昇温により材質変化（硬度低下、耐食性劣化）が起きやすく、これがディスクブレーキの信頼性を確保する上で問題であると考えられた。このようなことから、本発明が目的とするのは、焼入れ処理時に広い範囲の均熱温度、冷却速度を選択したとしても十分に満足できる焼入れ硬度、靱性、耐食性を安定して確保することができ、また使用時（ブレーキ制動時）の昇温による材質変化（硬度低下、耐食性劣化）が殆ど生じない安価なディスクブレーキローター用鋼を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記目的を達成すべく鋭意研究を行ったが、特に種々の割合でCを含有する各種の13%Cr系マルテンサイトステンレス鋼冷延板につき、900～1050℃からの焼入れ、200～600℃の焼戻しを様々な組み合わせながらその硬\*40

① C: 0.04～0.10%, Si: 1.0%以下, Mn: 0.1～2.0%,  
P: 0.04%以下, S: 0.01%以下, Cr: 11.5超～13.5%,  
Al: 0.1%以下, N: 0.04%以下, Cu: 0～1.0%,  
Ni: 0～1.0%, Ti: 0～0.03%,

を含有すると共に

Nb: 0.01～0.08%, V: 0.05～0.5%

のうちの1種又は2種をも含有し、かつ下記式で表されるGP値が50以上で、残部がFe及び不可逆的不純物より成ることを特徴とする、耐食性と靱性に優れたディスクブレーキローター用マルテンサイトステンレス鋼。

\*度、耐食性、靱性を評価しつつ検討を行った中から、次のような知見を得ることができた。

【0010】a) 焼入れ時の冷却速度を空冷相当の5℃/sよりも低くして行くと、焼入れのままでの耐食性が低下するが、この耐食性低下の程度はC含有量が多いほど著しくなる。

b) しかしながら、冷却速度を0.5℃/sに低減した条件では、鋼材のC含有量を0.1%以下にまで低減するとC含有量の比較的高い材料と比べればかなり良好な耐食性を示すようになるものの、それでも空冷材と同等の耐食性にまでは改善されない。

【0011】c) ところが、鋼材に11.5%を超えるCr量を確保すると共にNbあるいはVを微量添加し、かつ鋼中のC、N、Ni、Cu、Mn、Cr、Si、Mo、V、Ti及びAlの含有量を総合的に調整すると、焼入れ時の冷却が徐冷の条件(0.5℃/s)での耐食性が著しく改善する。ここで、焼入れ時冷却速度が遅い条件下でも優れた耐食性を安定確保する効果を明確にするには、高温での組織がオーステナイト比率の高いものとなるように制御しておく必要があり、そのため上述したように鋼中のC、N、Ni、Cu、Mn、Cr、Si、Mo、V、Ti及びAlの含有量を総合的に調整する必要があり、特に

$$GP(\%) = 700C(\%) + 800N(\%) + 20Ni(\%) + 10\{Cu(\%) + Mn(\%)\} - 6.2Cr(\%) - 9.2Si(\%) - 9.3Mo(\%) - 14V(\%) - 74.4Ti(\%) - 37.2Al(\%) + 63.2$$

なる式で表されるGP値が50(%)以上となるように成分組成調整しなければならない。

【0012】d) また、鋼材の靱性は焼入れ硬度を低下すると向上するが、徐冷条件の下において焼入れ硬度を保ったままで高い靱性を確保するためには、やはり、Cr炭窒化物の析出を制御するNb、Vを添加すると共に、前記GP値が50(%)以上になるように成分組成調整を行うことが有効である。e) 更に、上記観点に立って成分組成調整を行った鋼の焼入れ材は、500～550℃での焼戻し抵抗が従来鋼材に比べて優れており、硬度や耐食性の低下程度が非常に少ない。

【0013】本発明は、上記知見事項等を基にして完成されたもので、次の①乃至③項に示すディスクブレーキローター用マルテンサイトステンレス鋼を提供するものである。

GP(%) = 700C(%) + 800N(%) + 20Ni(%) + 10{Cu(%) + Mn(%)} - 6.2Cr(%) - 9.2Si(%) - 9.3Mo(%) - 14V(%) - 74.4Ti(%) - 37.2Al(%) + 63.2

② 化学成分として更に

Mo: 0.05～1.0%

を含有して成ることを特徴とする、前記①項記載の耐食

性と韌性に優れたディスクブレーキローター用マルテンサイトステンレス鋼。

③ 前記①項又は②項記載の鋼に、化学成分として更に B, Ca, Mg の 1 種以上：合計で 0.0003～0.005%、La, Ce, Y の 1 種以上：合計で 0.003～0.05% の 1 種又は 2 種以上を含有して成ることを特徴とする、熱間加工性、耐食性並びに韌性に優れたディスクブレーキローター用マルテンサイトステンレス鋼。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明において、鋼を構成する各成分の含有量範囲を前記の如くに限定した理由をその作用と共に説明する。

【0015】(a) C

C は鋼の高強度化のために添加される成分であり、ディスクブレーキローター材に必要な強度を確保するためには 0.04% 以上含有させる必要がある。一方、C の過剰な添加は鋼の耐食性を損ない、0.10% を越えて含有させると焼入れ時の冷却速度が遅い場合に粒界に Cr 炭化物が析出し、所望の耐食性を確保できなくなる。従って、C 含有量は 0.04～0.10% と定めた。

【0016】(b) Si

Si は鋼を脱酸するための基本的元素であるが、Si による脱酸を Al によって全て行う場合には Si は無添加であっても良い。なお、Si の過剰な添加は“デルタフェライトの生成”あるいは“固溶強化”を通じて鋼の韌性を劣化するので、Si 含有量は 1% 以下と定めた。

【0017】(c) Mn

Mn は鋼の脱酸に係る基本元素であり、かつ高温でのオーステナイトの生成を促進し焼入れ性を高める成分でもある。このためには 0.1% 以上の Mn 含有量を確保する必要がある。一方、Mn の過剰添加は硫化物系介在物の水溶液環境での溶解性を高め、鋼の耐食性を低下することから、Mn 含有量の上限を 2.0% と定めた。

【0018】(d) P

P は鋼の韌性を損なう不純物元素であるので少ないほど好ましいが、許容限を考慮して P 含有量を 0.04% 以下と定めた。

(e) S

S は鋼の熱間加工性、耐食性、韌性を低下させる不純物元素であるので少ないほど好ましいが、許容限を考慮して S 含有量を 0.01% 以下と定めた。

【0019】(f) Cr

Cr はステンレス鋼の耐食性を支える主要成分であり、高価な Nb を添加しなくてもディスクブレーキローター材に必要な耐食性を備えしめるためには 11.5% を越える Cr 含有量を確保する必要がある。一方、多量に Cr を含有させるとデルタフェライトの析出を促進し、鋼の脆化をもたらすので、この脆化の抑制とコストの観点より Cr 含有量の上限を 13.5% と定めた。

【0020】(g) Al

Al は鋼中に不可避的に随伴される元素の 1 つであり、鋼の脱酸のために添加される場合もあるが、その場合の脱酸効果はほぼ 0.1% で飽和するとから、Al 含有量は 0.1% 以下と定めた。

【0021】(h) N

N は C と共に鋼の焼入れ硬さを高める成分であり、C と N の合計含有量を調整することにより焼入れ硬さを制御することができる。しかし、N は過剰に添加すると鋼の韌性を損なうことから、N 含有量を 0.04% 以下と定めた。

【0022】(i) Cu

Cu は鋼の耐食性と強度を付加的に高める作用を有していることから必要に応じて添加される成分であるが、1.0% を越えて含有させることはコスト上昇をもたらすことから、Cu 含有量は 0～1.0% と定めた。

【0023】(j) Ni

Ni は耐食性と韌性を改善する作用を有していることから必要に応じて添加される成分であるが、1.0% を越えて含有させてもコスト上昇に相応した効果が見込めないことから、Ni 含有量は 0～1.0% と定めた。

【0024】(k) Ti

Ti は N 及び C との親和力が非常に強い元素であり、微細な炭化物の形成を通じて金属組織を制御し鋼の韌性を改善する目的で必要に応じて添加される成分であるが、0.03% を越えて含有させると粗大な TiN が生成して逆に韌性の低下が著しくなると共に、鋼の硬度も低下することから、Ti 含有量は 0～0.03% と定めた。

【0025】(l) Nb 及び V

Nb, V は C 及び N と親和力が強い元素であり、本発明においてはディスクブレーキローター材に必要な耐食性を確保するための必須成分であって、何れか一方又は双方の添加が必要である。即ち、Nb, V はディスクブレーキローター材を焼入れする際の冷却過程でオーステナイト粒界に偏析し、Cr 炭化物の粒界析出を遅らせる働きを有している。その結果、Cr 欠乏による耐食性の劣化が抑制され、遅い冷却速度であっても本発明が所望する耐食性が確保される。また、本発明者等は、種々の実験結果から、上記の如き Nb, V の作用はデルタフェライトが一定量以上存在する鋼では有効に働かなくなることを見出した。即ち、前述した GP 値を 50 (×) 以上に調整し、この状態で 0.01% 以上の Nb 含有量あるいは 0.05% 以上の V 含有量の何れかあるいは双方を確保することによって初めて、Cr 炭化物の析出が抑制され、優れた耐食性が確保される。一方、Nb あるいは V の含有量を増加させた場合、Nb 含有量あるいは V 含有量が特定の値を越えると Nb 炭化物又は V 炭化物が焼入れ時の均熱温度で析出・粗大化し、鋼の韌性低下を招くと共に焼入れ硬度をも低下させるようになる。

【0026】焼入れ硬度が低下し始める Nb 含有量は、C + N 量の多い側であってかつ約 1000℃ の焼入れ温度

の場合にはおよそ0.08%である。また、C+N量の少ない側では、焼入れ硬度が低下し始めるNb含有量は0.1%を超える値となるが、Nbの多量添加は鋼材コストの上昇につながる。従って、Nb含有量については0.01~0.08%と定めた。一方、Vの場合は、0.5%を越えて多量に添加すると靱性を低下させる。このため、V含有量については0.05~0.5%と定めた。なお、上述したようにNbもVも同様の効果を持つ元素であるが、鋼中の溶解度はVの方がNbよりも大きく、Cr炭化物析出速度の抑制作用はVの方がNbに比べると小さい。従って、Vの場合はNbよりも多くの含有量とすることで耐食性向上効果が発現する。

【0027】(m) GP値

$$GP(\%) = 700C(\%) + 800N(\%) + 20Ni(\%) + 10\{Cu(\%) + Mn(\%)\} - 6.2Cr(\%) - 9.2Si(\%) - 9.3Mo(\%) - 14V(\%) - 74.4Ti(\%) - 37.2Al(\%) + 63.2$$

なる式で表されるGP値は本発明鋼の高温でのオーステナイト相比率を定性的に表す指標であり、このGP値を50(%)以上としてオーステナイト相比率を高めることによって初めて、本発明鋼の焼入れ鋼材に所望する耐食性と靱性を安定確保することが可能となる。なお、GP値が50(%)を下回るとデルタフェライトの量が増加し、焼入れ時の冷却速度が遅いと、粒界へのCr炭化物の析出により生成したCr欠乏層のために鋼材の耐食性が低下する上、同時に靱性も劣化する。

【0028】(n) Mo

Moはステンレス鋼の耐食性及び焼戻し抵抗を高める上で非常に有効な成分であり、本発明鋼においてもMo添加によって耐食性及び焼戻し抵抗はより一層向上する。しかし、Moは非常に高価な元素であり、低コストを目指した本発明鋼ではコスト面を考えれば添加が躊躇されるが、

ある程度のコスト上昇が許される場合にはMo添加による性能向上を図ることができる。ただ、Mo添加による耐食性、焼戻し抵抗の改善効果を得るには、Moを0.05%以上含有させる必要がある。一方、ディスクブレーキローター材としてのコスト許容限を考慮すれば、Mo含有量の上限は1.0%にすることが望ましい。従って、Moを含有させる場合の含有量を0.05~1.0%と定めたが、Mo添加によるより顕著な効果を確保するためにはMoを0.1%以上の割合で含有させることが望ましい。

【0029】(o) B, Ca, Mg, La, Ce及びY

これらの元素は、本発明鋼の熱間加工性を高めるため必要に応じて1種以上添加するのが好ましい成分であるが、それぞれの成分の好適な含有量は、B, Ca及びMgの場合にはこれらの合計量で0.0003~0.005%であり、一方、La, Ce及びYの場合にはこれらの合計量で0.003~0.05%である。

【0030】その他、不可避的に混入する酸素(O)は鋼の靱性を損なう元素であるためSiあるいはAl等によって脱酸してその含有量を極力低減する必要があるが、好ましくはその含有量を0.006%以下の領域にまで低減すべきである。この領域にまで酸素含有量を低減すると、ディスクブレーキローター材としての本発明鋼は十分に満足できる靱性を示す。

【0031】続いて、本発明を実施例により更に具体的に説明するが、本発明が実施例によって不当に制限されるものでないことは言うまでもない。

【実施例】(実施例1) まず、表1に示す各種化学組成のステンレス鋼を真空高周波誘導加熱炉にて溶解し、25kg丸鋼塊に鑄造した。

【0032】

【表1】

鋼種	鋼の化学成分(質量%)																				Q P値
	C	Si	Mn	P	S	Al	Ni	Cr	Mo	Ti	V	Nb	Al	O	N	B	Co	As	Se	Y	
1	0.07	0.30	0.20	0.025	0.001	0.01	0.25	12.2	—	0.001	0.01	0.035	0.001	0.003	0.015	—	—	—	—	—	88.8
2	0.07	0.31	0.24	0.021	0.001	0.01	0.25	12.1	—	0.002	0.01	0.035	0.001	0.002	0.011	—	—	—	—	—	88.8
3	0.06	0.35	0.22	0.025	0.004	0.01	0.29	11.8	—	0.001	0.01	0.031	0.001	0.015	0.004	0.017	—	—	—	—	54.1
4	0.05	0.28	1.54	0.018	0.007	0.01	0.10	12.3	—	0.002	0.01	0.025	0.002	0.002	0.035	—	—	—	—	—	64.8
5	0.09	0.45	0.60	0.013	0.002	0.01	0.65	11.8	—	0.002	0.04	0.028	0.002	0.003	0.028	—	—	—	—	—	78.2
6	0.08	0.02	0.25	0.020	0.005	0.35	0.85	12.2	—	0.015	0.08	0.035	0.031	0.002	0.011	—	—	—	—	—	72.9
7	0.08	0.25	1.30	0.024	0.001	0.80	0.15	13.2	—	0.002	0.09	0.005	0.001	0.004	0.033	—	—	—	—	—	71.3
8	0.08	0.21	0.78	0.019	0.001	0.45	0.25	11.8	0.35	0.003	0.60	0.002	0.001	0.003	0.015	—	—	—	—	—	12.7
9	0.07	0.28	0.82	0.018	0.001	0.61	0.78	11.7	0.31	0.004	0.06	0.031	0.001	0.004	0.025	—	—	—	—	—	63.9
10	0.07	0.30	0.51	0.025	0.003	0.34	0.36	12.2	—	0.003	0.00	0.038	0.001	0.003	0.015	0.0023	—	—	—	—	64.2
11	0.07	0.31	0.80	0.023	0.003	0.35	0.35	12.2	—	0.004	0.03	0.035	0.032	0.002	0.018	—	0.0021	—	—	—	63.5
12	0.07	0.30	0.80	0.024	0.003	0.35	0.35	11.8	0.33	0.003	0.08	0.035	0.034	0.002	0.015	—	0.0015	—	—	—	62.3
13	0.07	0.30	0.79	0.023	0.003	0.34	0.36	12.2	—	0.004	0.08	0.036	0.032	0.002	0.016	—	—	0.0035	—	—	62.1
14	0.07	0.28	0.89	0.025	0.002	0.35	0.35	12.2	—	0.004	0.08	0.035	0.035	0.002	0.016	—	—	—	0.0028	—	62.1
15	0.07	0.30	0.81	0.024	0.003	0.34	0.36	12.2	—	0.003	0.08	0.036	0.032	0.001	0.015	—	—	—	—	0.012	62.1
16	0.07	0.31	0.80	0.025	0.001	0.35	0.35	12.2	—	(0.000)	0.01	0.035	0.031	0.003	0.016	—	—	—	—	—	62.2
17	0.07	0.30	0.78	0.023	0.001	0.35	—(0.00)	12.0	—	0.004	0.07	0.038	0.001	0.003	0.018	—	—	—	—	—	56.1
18	0.07	0.31	0.80	0.024	0.001	—(0.00)	0.25	11.8	—	0.003	0.01	0.034	0.001	0.003	0.018	—	—	—	—	—	60.9
19	0.07	0.30	0.79	0.026	0.001	—(0.00)	—(0.00)	11.8	—	(0.000)	0.01	0.035	0.001	0.003	0.015	—	—	—	—	—	56.1
20	0.07	0.15	0.80	0.031	0.005	0.82	0.25	11.8	—	0.001	0.01	0.031	0.003	0.003	0.022	—	—	—	—	—	68.1
21	0.07	0.28	0.71	0.023	0.001	0.40	0.22	12.3	—	0.002	0.05	0.031	0.001	0.004	0.022	—	—	—	—	—	65.3
22	0.08	0.25	0.88	0.025	0.005	0.02	0.35	12.2	—	0.001	0.01	0.031	0.001	0.003	0.036	—	—	—	—	—	83.9
23	0.07	0.32	0.85	0.022	0.003	0.41	0.28	11.0	—	0.001	0.08	0.031	0.001	0.003	0.021	—	—	—	—	—	71.0
24	0.06	0.31	0.78	0.021	0.002	0.01	0.31	12.9	—	0.012	0.08	0.029	0.001	0.003	0.018	—	—	—	—	—	143.5
25	0.03	0.30	0.84	0.025	0.003	0.01	0.34	12.1	—	0.003	0.01	0.030	0.001	0.003	0.025	—	—	—	—	—	141.2
26	0.13	0.30	0.42	0.022	0.001	0.01	0.29	12.2	—	0.014	0.06	0.031	0.001	0.003	0.009	—	—	—	—	—	82.0
27	0.07	0.32	0.79	0.016	0.001	0.01	0.36	12.1	—	0.003	0.05	0.034	0.001	0.003	0.012	—	—	—	—	—	58.8
28	0.07	0.29	0.83	0.021	0.003	0.02	0.28	12.3	—	0.051	0.04	0.037	0.001	0.004	0.016	—	—	—	—	—	56.3

(注1) 括弧内はFe及び不可逆的不純物である。

(注2) \*印は、本発明の規定条件から外れていることを示す。

【0033】次に、これに常法通りの熱間鍛造、熱間圧延、焼戻し焼鈍、冷間圧延を施して1.8mm厚の冷延鋼板を得た。そして、これら各冷延鋼板から“1.8mm厚×50mm幅×25mm長”の焼入れ熱処理用試験片を切り出し、赤外線加熱方式の熱処理炉によって1000℃に3分間均熱し、続いて0.5℃/sという遅い冷却速度で徐却する“焼入れ熱処理”を実施した。この焼入れ熱処理材によって“焼入れのままの鋼板”の特性を調査した。

【0034】また、これとは別に、衝撃特性の評価用として、前記各冷延鋼板より2mmVノッチ・サブサイズシャルビー試験片(1.8mm厚×55mm幅×10mm長)を切り出し、同様の方法で焼入れ熱処理を施した。

【0035】焼入れのままの鋼板の特性評価のために、

前記焼入れ熱処理材の“断面硬度”、“孔食電位”、“衝撃値”の評価を行った。なお、“断面硬度”は、ピッカース98Nにて測定し、その5点平均値によって評価した。また、“孔食電位”は、JIS G 0577の試験溶液を“0.5%NaCl-35℃”に変更し、飽和カロメル電極(SCE)を参照電極として得られた孔食電位 $V_{c'}$ (100)の3回測定平均値によって評価した。そして、“衝撃値”は、前記焼入れ熱処理後のサブサイズシャルビー試験片各2枚を両面テープにて接着して3.6mm厚の試料とした後、0℃にて衝撃試験を行い、この衝撃値によって評価した。これらの測定結果を表2に示す。

【0036】

【表2】

順 位	冷延鋼板の特性						
	焼入れのまま			焼戻し後			
	硬 度 (Hv 88N)	Vc' (100) [V <sub>0.2</sub> SCE]	衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	硬 度 (Hv 88N) 500℃	硬 度 (Hv 88N) 550℃	ΔHv (焼入れ材 -550℃材)	Vc' (100) (500℃ 焼戻し材)
1	318	0.15	105	384	372	6	0.12
2	312	0.15	103	378	362	16	0.14
3	361	0.14	92	385	356	29	0.11
4	374	0.12	86	377	366	11	0.10
5	412	0.11	75	415	400	15	0.10
6	385	0.14	116	390	378	12	0.12
7	384	0.18	98	388	360	28	0.17
8	391	0.17	95	399	367	32	0.14
9	398	0.18	82	412	393	19	0.15
10	392	0.14	103	386	373	13	0.11
11	384	0.13	76	388	376	12	0.10
12	383	0.15	81	385	376	9	0.12
13	380	0.14	72	383	370	13	0.11
14	379	0.13	74	384	371	13	0.10
15	375	0.13	68	380	368	12	0.11
16	381	0.15	121	380	378	2	0.13
17	370	0.14	83	375	363	12	0.12
18	375	0.14	95	381	370	11	0.12
19	385	0.13	71	372	357	15	0.10
20	378	0.04	88	386	368	18	0.02
21	374	0.11	35	380	370	10	0.09
22	324	0.12	26	320	308	12	0.08
23	385	0.03	88	390	376	14	0.01
24	352	0.05	28	358	335	23	0.01
25	324	0.04	33	320	312	8	-0.01
26	428	-0.21	41	420	395	25	-0.25
27	364	0.01	29	390	379	11	-0.03
28	360	0.12	21	350	342	8	0.10

【0037】本実施例では、ディスクブレーキローターの使用時（ブレーキ制動時）の条件を想定し、それによる材質変化（特性変化）を評価するため、前記各焼入れ熱処理鋼板に焼戻し処理を施したものについても特性調査を行った。なお、焼戻し処理後の鋼板の特性評価のために、“500℃×1時間保持後空冷の焼戻し処理”及び“550℃×時間保持後空冷の焼戻し処理”を施したものの“断面硬度〔Hv〕”、焼入れのまま材と550℃焼戻しを施した材料との硬度差〔ΔHv〕、“500℃×1時間保持後空冷の焼戻し処理を施した材料”の孔食電位〔Vc' (100)〕を測定した。これらの測定結果も表2に併せて示した。

【0038】表2に示される結果からも明らかなように、本発明マルテンサイトステンレス鋼材は、焼入れのままの耐食性が孔食電位にて0.1V (vsSCE) 以上であり、かつ衝撃値も50 J/cm<sup>2</sup> を越える高い値となっている。更に、焼入れ熱処理後の550℃までの昇温に対する硬度低下量ΔHvが15未満であり、焼入れ熱処理後に500℃の熱処理を加えた後の耐食性も良好な水準を維持している。これらの結果からして、本発明マルテンサイトステンレス鋼はディスクブレーキローター用材として優れた特性を有していることを確認することがで

きる。

【0039】（実施例2）実施例1により作成した1.8mm厚の冷延鋼板から、図1又は図2に示す形状の鋼材を鋼種当り数枚ずつ打ち抜きにより作成した。また、SU S420J2鋼の商用鋼板からも、同様に図1に示す形状の鋼材を多数枚打ち抜きにより作成した。

【0040】次に、これら鋼材に焼入れ熱処理を施した。なお、焼入れ熱処理に先立って、焼入れによる平坦形状の劣化を抑制すべく鋼材を100枚重ね合わせて束ね、この束をステンレス製のボルト及びナットで締め付けた。この重ね合わせによって、鋼材の束は直径が160mm、高さがおおよそ180mmの円柱状ブロック形態となった。そして、焼入れ熱処理は、鋼材を重ね合わせた上記円柱状ブロックを加熱炉にて“雰囲気温度1020℃×1時間保持”の均熱を行い、続いてガス冷却するという条件で実施した。なお、この際の900～600℃の冷却速度はおおよそ30℃/分であった。

【0041】これら鋼材に、平坦矯正、表面研削処理を施してディスクブレーキ用ローター製品とした。そして、これらローター製品について耐食性と強度・延性の評価を行った。なお、耐食性の評価には、上記各ローター製品を供試材とし、JIS Z 2371 に定められた塩水噴

霧試験方法に準じて“35℃-3.5%NaCl水溶液”を24時間噴霧し、試験後のローター製品表面における発錆程度を相対比較する手法を採用した。

【0042】また、強度・延性の評価は、前記図1並びに図2で示した形状の各ローター製品につき、その内周部に孔設された6ケの取付け穴を用いボルト及びナットにて固定部材に固定した後、外輪部の1点(回転軸より75.5mmの位置)の穴に治具を装着し、これを回転軸回り方向に強制的に変位させて「変位-トルク曲線」を採取することにより実施した。即ち、上述のようにして各ローター製品についての「変位-トルク曲線」を採取し、まず破壊によってトルクが急激に減少する変位を測定した。つまり、前述の如くローター製品を回転軸回り方向に強制的に変位させると、その回転変位により当初はトルクが直線的に上昇するが、その後内周部と外輪部をつなぐアーム部の座靴変形が開始することによりトルクは減少し、更にある回転変位に至るとアームが破壊することによってトルクが急減するという過程をたどるが、この“破壊によってトルクが急激に減少する変位”の測定を行った。この“破壊によってトルクが急激に減少する変位”は、前記表1に示した各鋼から成る図1に示した形状のローター製品の各10個ずつと、表1に示した各鋼から成る図2に示した形状のローター製品の各10個ずつについて測定し、その結果をまとめた。

【0043】まず、耐食性の評価結果を報告すると、本発明鋼(表1の鋼1~鋼19)製ローター製品の表面には僅かに点状の発錆が認められたが、極く小さなものであり、流れ錆には至っていなかった。また、比較鋼のうち、表1の鋼21、鋼22、鋼28で構成されたローター製品は本発明鋼製ローター製品と同等の耐食性を示した。これに対して、表1の鋼21、鋼22、鋼28を除く比較鋼で構成されたローター製品では発錆程度は増加し、鋼30製ローター製品では流れ錆を伴う孔食が観察された。

【0044】次に、強度・延性の評価結果を報告する。本発明鋼(表1の鋼1~鋼19)製ローター製品では、最高トルク値を越えた後に何れも20mmの変位まで延性的に

変形し、十分な強度・延性を有していることが確認された。これに対して、表1の鋼20及び鋼23を除く比較鋼で構成されたローター製品では、20mmの変位を与えるまでに最も弱いアーム部が破断するものが存在した。延性は硬度の低いものほど大きい傾向があり、必ずしも靱性の大小に直接対応していないが、同一硬度で比較すると、表1の鋼20及び鋼23以外の比較鋼のように衝撃値が50J/cm<sup>2</sup>を下回る鋼で構成されたものは、少ない確率ではあるが20mmの変位を与えるまでの変形途中でアーム部の破壊によりトルクが急激に減少するものが存在した。

【0045】上記試験結果より、本発明鋼を素材として製造されたディスクブレーキ用ローターは、実際使用条件において優れた耐食性、強度、延性を発揮することが明らかである。

【0046】

【発明の効果】以上に説明した如く、この発明によれば、ディスクブレーキ用ローターを製造するために採用し得る焼入れ熱処理の冷却速度範囲をより遅い側に拡大でき、また制動発熱によりディスクブレーキローターが500~550℃の温度まで昇温した場合でも優れた耐食性を維持することができる上、焼入れ熱処理による歪みを低減するためにローター材をゆっくりと冷却したり、多数のローター材を束ねてゆっくりと冷却する必要がある場合や、必然的に焼入れ熱処理時の冷却速度が遅くなる厚肉の断面のローター材を製造する必要がある場合でも、製造されるローター製品に良好な耐食性、靱性、硬度を安定して確保させ得る低コストのディスクブレーキローター用マルテンサイトステンレス鋼を提供できるなど、産業上有用な効果がもたらされる。

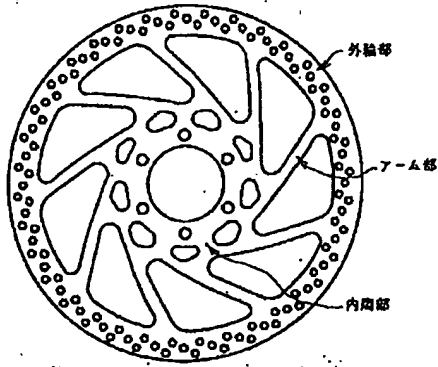
【図面の簡単な説明】

【図1】実施例において作成したディスクブレーキ用ローターの形状に関する説明図である。

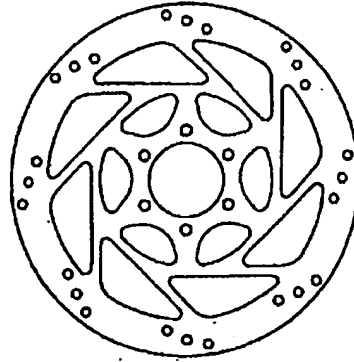
【図2】実施例において作成した別形状のディスクブレーキ用ローターに係る説明図である。



【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 松田 隆明  
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
住友金属工業株式会社内  
(72)発明者 岡田 康孝  
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
住友金属工業株式会社内

(72)発明者 坂下 剛司  
大阪府堺市老松町3丁目77番地 株式会社  
シマノ内  
(72)発明者 名合 大輔  
大阪府堺市老松町3丁目77番地 株式会社  
シマノ内

Fターム(参考) 3J058 BA61 CB11 EA03 EA17 EA37

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**